

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาโครงสร้างเส้นใยนาโนที่มีความเป็นวุ้นซึ่งผลิตโดยเทคนิคอิเล็กโตรสปินนิง โดยเกิดเส้นใยตกบนพื้นผิวรองรับ โดยได้ศึกษาเส้นใยนาโนของไพลอน 6 และไพลอน 6 ผสมกับไคโตซานเพื่อใช้เป็นตัวกรองอนุภาคและโปรตีนในน้ำ และได้ศึกษาเส้นใยนาโนของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่มีการเติมผงเขม่าดำหรือท่อนาโนของคาร์บอนเข้าไปเพื่อให้พื้นผิวและเนื้อเส้นใยมีการนำไฟฟ้าที่ดีขึ้นเนื่องจากตำแหน่งของสารตัวเติมมีการกระจายตัวในโครงสร้างวุ้นนี้ และส่วนสุดท้ายคือการศึกษาระบบการจำลองระบบเบื้องต้นใน 2 มิติและ 3 มิติ จากการทดลองในส่วนแรกพบว่า การเติมไคโตซานในไพลอน 6 ทำให้เกิดเส้นใยขนาดเล็กในกลุ่มของเส้นใยขนาดใหญ่ซึ่งทำให้บางส่วนของโครงสร้างมีรูพรุนที่เล็กลง อย่างไรก็ตามการเติมไคโตซานทำให้ความหนืดสูงซึ่งส่งผลต่อขนาดของเส้นใยที่ใหญ่ขึ้นและรูพรุนที่ใหญ่ขึ้น การเกิดรูพรุนขนาดเล็กจะรวมตัวกันให้ขนาดเฉลี่ยของรูพรุนเล็กลงบ้าง และเมื่อนำโครงสร้างไปดูดซับไอโอดีนพบว่าโครงสร้างที่มีรูพรุนขนาดใหญ่จะดูดซับไอโอดีนได้น้อยกว่า การเติมไคโตซานทำให้โครงสร้างมีเส้นใยขนาดเล็กจึงกรองอนุภาคนาโนขนาดเล็กถึง 90 นาโนเมตรได้ดีและยังช่วยให้การดูดซับโปรตีนดีขึ้น ในการทดลองส่วนที่สองซึ่งเป็นเรื่องการตรวจวัดไอระเหยของสารไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์โดยเส้นใยพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่เติมผงเขม่าดำและท่อนาโนของคาร์บอน พบว่าค่าความต้านทานของโครงสร้างต่ำลงมากกว่าตอนที่เติมสารตัวเติม และเมื่อเติมเพิ่มถึง 8% สามารถลดค่าความต้านทานไฟฟ้าของเส้นใยนาโนได้มากขึ้นตามลำดับ และยังพบว่า การปรับสภาพผิวสารตัวเติมจะช่วยให้ค่าความต้านทานไฟฟ้าลดลงตามแนวโน้มของการเพิ่มปริมาณสารตัวเติมได้เป็นอย่างดี เมื่อนำโครงสร้างไปตรวจวัดไอระเหยที่ความเข้มข้น 1-8 ppm ในอากาศพบว่าค่าความต้านทานไฟฟ้าของเส้นใยนาโนทุกชนิดมีค่าลดลงเชิงเส้นตรงเมื่อความเข้มข้นของไอระเหยเพิ่มขึ้นซึ่งเป็นคุณลักษณะของเซนเซอร์ตรวจวัดไอระเหย ในส่วนสุดท้ายจึงเป็นการจำลองการตกทับของเส้นใยนาโนบนแผ่นรองรับ เพื่อพิจารณาคุณสมบัติของรูพรุนที่เกิดขึ้นเมื่อมีการปรับเปลี่ยนขนาดของเส้นใยและปริมาณการตกทับของเส้นใยในโครงสร้างสองมิติ จากการจำลองจะพบว่าหากขนาดของเส้นใยมีการกระจายขนาดแตกต่างกันแต่มีขนาดเฉลี่ยเท่ากันจะทำให้สัดส่วนพื้นที่ตกทับของอนุภาคใกล้เคียงกัน สิ่งที่แตกต่างคือการกระจายขนาดของรูพรุนที่ประกอบด้วยรูขนาดเล็กเล็กลงมากขึ้น ทั้งนี้เปรียบเทียบที่แท้จริงควรเปรียบเทียบตัวอย่างที่มีปริมาณสัดส่วนของแข็งเท่ากัน ซึ่งจะพบว่าเมื่อเส้นใยมีขนาดใหญ่ขึ้นจะทำให้ช่องว่างมีขนาดใหญ่ขึ้นด้วยซึ่งสอดคล้องกับการทดลอง และเมื่อเปรียบเทียบขนาดของการทดลองกับการจำลองจะเห็นว่าการจำลองสามารถสร้างเส้นใยนาโนได้ค่อนข้างใกล้เคียงกับความเป็นจริงเมื่อพิจารณาถึงขนาดของรูพรุนและการกระจายขนาดของรูพรุน การจำลองระบบในโครงสร้าง 3 มิติ ยังไม่สามารถเลียนแบบของจริงได้ เนื่องจากการตกทับยังเกิดจากเส้นใยแข็งซึ่งจะไม่มีการงอตัวในแต่ละชั้นของการตกทับจึงส่งผลให้เห็นโครงสร้างที่โปร่งกว่าที่เป็นจริง

คำสำคัญ: เส้นใยนาโน ความเป็นรูพรุน ความเป็นวุ้น การดูดซับ การกรอง การจำลองระบบ

ABSTRACT

This research aims at the study of heterogeneity of the nanofibrous structures deposited on a ground collector via electrospinning. Nylon 6 and nylon 6/chitosan nanofibers were investigated for use as filters in removal of particles and proteins in water. Poly(vinyl alcohol) filled with carbon black and carbon nanotubes were also studied for their sensing activity. In addition, the preliminary simulations of nanofibrous structures in 2D and 3D were performed to study the pore structures. In the first part, blending chitosan with nylon 6 could produce ultrafine fibers among the large nanofibers resulting in local small pores. However, adding chitosan resulted in higher solution viscosity which in turn led to larger fibers and larger pores. The emergence of ultrafine fibers made the average pore size smaller. The local small pore facilitated the filtration of particles as small as 90 nm and chitosan also increased protein adsorption capacity. In the second part, the nanostructures filled with carbon black or carbon nanotubes were used to detect isopropyl alcohol in the air. The electrical resistivity of the structures was much lower when there are fillers inside the matter and the value decreased more along increasing filler loading up to 8%. Furthermore, surface modification of the filler particles could increase degree of dispersion as well as the electrical properties. When the structures were applied to detect the vapor, the linear correlation between a decrease in resistivity and an increase in vapor concentration from 1-8 ppm was observed, illustrating the sensing behavior of the nanofibers. In the last part, the simulations of nanofibers deposited randomly on 2D surface were done to study the pore structures when the size and the number of fibers were changed. The results showed that if the average size of fibers was fixed, the size distribution did not change the fiber coverage much at the same number density but could change the size distribution toward the smaller sizes when the fiber size was smaller. In other experiments, if the size of fibers was larger, at the same number density, the fewer and smaller pores were seen. However, it is more interesting to compare at the same solid volume fraction. The finding confirms the experiment results that if the fibers were larger, the pore size was larger. The simulated structures are similar to the real structures both in aspects of average pore size and its distribution. The simulation in 3D was attempted but the simulated figures did not realize whole true nanofibrous structures since the fibers were assumed rigid resulting in higher porosity in the simulated structures.

Keywords: nanofiber, porosity, heterogeneity, adsorption, filtration, simulation